

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen und Variablen	iii
1 Einleitung	1
2 Stand der Technik	3
2.1 Hybridkonzepte	7
2.2 Parallele Hybridstrukturen	11
2.3 Hybridkonzepte der Automobilindustrie	13
2.4 Ziel der Arbeit	16
3 Das Gesamtsystem im Überblick	19
3.1 Energiemanagement	22
3.2 Batteriemanagement	26
3.3 Speichertechnologie	30
3.4 Leistungselektronik	33
3.4.1 Pulsumrichter mit Spannungszwischenkreis	33
3.4.2 Bidirektionaler Durchflusswandler	36
3.5 Elektromaschine	38
3.5.1 Reluktanzmaschinen	38
3.5.2 Synchronmaschinen	39
3.5.3 Asynchronmaschinen	40
3.5.4 Zusammenfassung	42
3.6 Verbrennungsmotor	43
4 Prüfstand für hybride Antriebskonzepte	45
4.1 Steuergeräte und Kommunikationsstruktur	46
4.2 Automatisierung mit xPC Target	49
4.2.1 Drehzahlregelung	51
4.2.2 Lastsimulation	52
4.3 Anbindung an das Simulationstool Fahrsim/Versim	53
4.4 Zusammenfassung	54
5 Kommunikationsstruktur des Prüfstands	57
5.1 Stand der Technik	60
5.2 Physikalische Grundlagen	62
5.3 Protokollschichten	67
5.4 Komponenten	68
5.4.1 Minibridge	69
5.4.2 Multiplexer	72

5.4.3	Sternkoppler (Hub)	74
5.4.4	Sternkoppler (Switch)	75
5.5	Netzwerktopologien	77
5.6	Kommunikation mittels optischem CAN	80
5.7	Zusammenfassung	85
6	Verfahren zur Regelung des Startergenerators	87
6.1	Stand der Technik	88
6.2	Modellbildung der Asynchronmaschine	90
6.3	Statorflussorientiertes Regelverfahren	95
6.4	Rotorflussorientiertes Regelverfahren	104
6.5	Simulation der Regelverfahren	110
6.5.1	Rotorflussorientiertes Regelverfahren	112
6.5.2	Direct Torque Control	114
6.6	Zusammenfassung der Ergebnisse	118
6.7	Steuergerät zur Regelung des Startergenerators	119
7	Untersuchung und Erprobung der Hybridisierung	121
7.1	Start des Verbrennungsmotors	122
7.2	Boost-Betrieb und Rekuperation	125
7.3	Fahrzyklen und Hybridisierung	127
7.3.1	Mild-Hybridisierung mit vordefinierten Gängen	130
7.3.2	Mild-Hybridisierung mit automatisiertem Schaltgetriebe	135
7.3.3	Zusammenfassung der untersuchten Hybridisierungsgrade	140
8	Zusammenfassung und Diskussion	143
	Literatur	146
A	Fahrzyklen	157
B	Fahrzeugdaten für die Lastnachbildung	165
C	Prüfstandssoftware	169
D	Übersicht über die eingesetzten Mikrocontroller	172
E	Kostenübersicht der optischen CAN-Systeme	172